

MODALITĂȚI DE CONECTARE A REZISTORULUI ȘI BOBINEI DE STINGERE ÎN REȚELELE ELECTRICE CÂND NEUTRUL NU ESTE ACCESIBIL

Dumitru UȘEV

Electroenergetica, EE-181, FEIE, UTM, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Dumitru Ușev dumitru.usev@eect.utm.md

Rezumat. În lucrarea dată sunt prezentate modurile de racordare a dispozitivelor de tratare a neutrului transformatoarelor: Bobinei de stingere a arcului electric (BS); Rezistorului, atât de joasă cât și de medie tensiune. Rezistorului cu rezistență de valoare mică și rezistorului cu rezistență de valoare mare. Introducerea unui rezistor în neutru determină apariția în locul defectului a componente active în curentul de punere la pământ. Acest fapt joacă un rol important la reducerea supratensiunilor, realizarea unor protecții selective de curent și creșterea fiabilității funcționării instalațiilor electrice. Analiza publicațiilor din ultimii ani indică o tendință pronunțată privind utilizarea rezistoarelor pentru legarea neutrului la pământ: de sine stătător sau în asociere cu bobina de stingere. Alegerea unei soluții de tratare a neutrului se face pentru o perioadă lungă de timp, presupune un volum mare de investiții și o fundamentare tehnică foarte atentă, astfel ca soluția aleasă să fie pe cât posibil cea mai bună pentru rețeaua considerată.

Cuvinte cheie: tratarea neutrului, neutru artificial, crearea neutrului, bobină de stingere, filtru de secvență homopolară, supratensiuni.

Introducere

Problema tratării neutrului în rețelele de distribuție 6-35 kV prezintă o importanță deosebită pentru distribuția energiei electrice, deoarece influențează: nivelul de izolație; mărimea și căile de limitare a supratensiunilor rețelei; condițiile de funcționare a întrerupătoarelor; sistemelor de protecție; reducerea duratelor de întrerupere a consumatorilor; securitatea personalului și a echipamentelor electrice la defecte monofazate.

În Republica Moldova rețelele electrice de distribuție 6-35 kV sunt extinse și constituie circa 2100 km pentru rețelele 35 kV și circa 20 000 km lungimea liniilor electrice 6 -10 kV (inclusiv linii electrice subterane circa 500 km). Funcționarea acestor rețele în mod direct se răsfrânge asupra calității serviciilor de distribuție, indicatorilor de fiabilitate și continuitate în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor finali cum, ar fi: SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – Indicele Frecvența Medie a Întreruperilor în rețea; SAIDI (System Average Interruption Duration Index) – Indicele Durata Medie a Întreruperilor în Rețea (Sistem; CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) – durata medie a unei întreruperi, Durata și numărul de întreruperi neprogramate, etc. Valorile acestor indicatori sunt stabilite în Regulamentul cu privire la calitatea serviciilor de transport și de distribuție a energiei electrice [6].

Practica de exploatare arată că marea majoritate de întreruperi neprogramate în rețelele de distribuție sunt determinate de deteriorarea izolației acestor rețele în raport cu pământul – defecte monofazate. Acest tip de defecte constituie 75% din numărul total, iar 80% din defectele monofazate se dezvoltă în scurtcircuite polifazate [3] ceea ce duce la creșterea numărului de deconectări ale curenților mari de scurtcircuit, reducerea ciclului de operare a întreruptoarelor, refuzul posibil a AAR, etc. Marea majoritate din defectele monofazate se transformă în cele polifazate datorită arcului electric intermitent în locul defectului și supratensiunilor de arc. Caracterul decurgerii acestor fenomene, valoarea supratensiunilor, valoarea curentului de punere la pământ și alți factori importanți se află în strânsă corelație cu modul de tratare a neutrului rețelelor de distribuție.

Până în anul 2003 Normele de Amenajare a Instalațiilor Electrice (NAIE) admiteau funcționarea rețelelor electrice cu tensiunea 3-35 kV doar cu neutrul izolat și cu neutrul compensat (pus la pământ prin intermediul bobinei de stingere BS). Din 01.01.2003 este pusă în aplicare ultima (a 7-a) ediție a acestor norme [5] care acționează în spațiul țărilor CSI, și care în punctul 1.2.16 se prevede posibilitatea funcționării rețelelor electrice cu tensiunea 3-35 kV atât cu neutrul izolat, cât și cu neutrul pus la pământ prin intermediul unei bobine de stingere sau a unui rezistor. În NAIE nu există recomandări clare în ce cazuri în rețelele electrice 6-35 kV trebuie de utilizat o modalitate de tratare a neutrului sau alta. În punctul 1.2.16 se indică numai valorile curenților capacitivi, începând cu care trebuie de utilizat compensarea acestora. Lipsa recomandărilor clare privind utilizarea modurilor de tratare a neutrului este legată de complexitatea formulării acestora pentru marea diversitate a rețelelor electrice de 6-35 kV (RE rurale, RE urbane, etc.) și necesitatea de a lua în considerație multe restricții și aspecte specifice.

În Republica Moldova rețelele MT funcționează cu neutrul izolat și cu neutrul compensat. De regulă, BS aflate în exploatare, sunt deja învechite, cu reglare în trepte a inductanței (tip 3POM, P3ДCOM) și un procent mic - cu reglare continuă. Implementarea neutrului combinat sau rezistiv nu s-a realizat.

Totodată în spațiul CSI, unde sunt în vigoare actele normative comune (NAIE, Regulile de exploatare tehnică, etc.) există multe realizări ale tratării neutrului rețelelor MT prin rezistor sau combinat – în Rusia, Ucraina, Bielorusia, Kazahstan, Uzbekistan. În Rusia, Bielorusia sunt elaborate acte normative privind proiectarea și exploatarea acestor rețele cu diferit mod de tratare a neutrului [1-4].

Metode de legare a neutrului la pământ

Se utilizează trei metode de legare a neutrului la pământ în rețelele 6-35 kV: prin rezistor de rezistență mică, prin rezistor de rezistență mare și combinat.

1. Prin rezistor de rezistență mică – se utilizează când punerea la pământ simplă trebuie să fie deconectată selectiv și rapid. În acest caz curentul în neutru trebuie să aibă valori suficiente ca protecția prin rele (PPR) să funcționeze.
2. Prin rezistor de rezistență mare – utilizarea acestui tip de legare a neutrului la pământ este rațională în cazurile necesității funcționării rețelei în continuare la punerea simplă la pământ până la detectarea locului de defect. Valorile curenților în neutru trebuie să fie de așa ordin încât să prevină apariția supratensiunilor condiționate de apariția arcului electric și scăderea siguranței la exploatarea rețelei electrice dar, trebuie să fie suficient de mari încât defectul să poată fi detectat și PPR să poată semnaliza acest lucru.
3. Combinat – legarea neutrului la pământ combinat se realizează prin conectarea unui rezistor de rezistență mare paralel BS, fapt care permite scăderea nivelului supratensiunilor la acordarea neprecisă a BS și ajută la acționarea PPR.

Alegerea rezistorului pentru legarea neutrului la pământ se face după trei criterii de bază:

1. Rezistorul trebuie să asigure scăderea nivelului de supratensiuni condiționate de apariția arcului electric;
2. Rezistența rezistorului în neutru trebuie să asigure circulația curenților activi în punctul de defect suficientă pentru reacționarea PPR la semnalizare și deconectare a liniei cu defect.
3. La legarea neutrului la pământ prin rezistor trebuie să se asigure condițiile de securitate electrică pentru oameni la punerea simplă la pământ la stații și posturi de transformare luând în calcul valorile normate a tensiunilor de atingere.

Parametrul de bază a rezistorului este rezistența lui activă R , mărime ce este aleasă reieșind din criteriul de micșorarea a supratensiunilor și se corectează reieșind din condițiile de funcționare a PPR și condițiile de siguranță electrică.

La stațiile de transformare ce alimentează preponderent LEA cu un nivel mic de rezervare, trebuie de instalat rezistoare de rezistență mare ce vor micșora supratensiunile și durata lor.

Rezistoarele pot fi instalate paralel cu BS. Este deosebit de binevenită instalarea rezistorului de rezistență mare când valoarea deplasării neutrului este mare, mai mare de 15% din tensiunea de fază [7, 8].

La argumentarea tehnico-economică a utilizării legării prin rezistor a neutrului la pământ în rețelele 6-35 kV este nevoie de analizat 4 criterii:

1. Modificarea valorilor curenților de scurtcircuit monofazat;
2. Creșterea duratei de viață a izolației;
3. Cheltuielile suplimentare pentru legarea neutrului rețelelor 6-35 kV prin rezistor;
4. Securitatea electrică.

Deconectarea rapidă a liniei la punerile monofazate la pământ asigură micșorarea pericolului de electrocutare a oamenilor și animalelor în apropierea locului punerii simple la pământ. Varianta cu conexiunea rezistorului cu valoarea de câțiva k Ω (1-3 k Ω) presupune prezența lui permanentă în neutru fapt care exclude neajunsurile enumerate mai sus.

Parametrii rezistorului sunt calculați reieșind din criteriul limitării supratensiunilor până la valori determinate (de regulă până la valorile tensiunii de încercare a mașinilor rotative), curentul de punere la pământ rămânând practic nemodificat. Rezistoarele sunt confecționate pe bază de materiale compozite și sunt calculate să suporte acțiunea valorii maxime a tensiunii de fază nu mai puțin de 6 ore, ce permite să nu fie utilizat echipament de protecție și deconectare a lor. În majoritatea cazurilor în rețelele de distribuție 6-35 kV neutru lipsește. În acest caz se recurge la crearea neutrului artificial prin diferite metode.

Crearea neutrului artificial

Bobinele de stingere și/sau rezistoarele de tratare a neutrului se montează în stațiile electrice de transformare, fiind legate la punctul neutru al înfășurării transformatorului de putere cu schema de conexiune stea. În rețelele 6-35 kV așa posibilitate este disponibilă în cazul transformatoarelor cu trei înfășurări fig. 2 (a). Dacă neutru nu este accesibil (de regulă schema de conexiune a înfășurării 6-10 kV a transformatorului este în triunghi) se utilizează transformatoare speciale pentru crearea artificială a neutrului (transformator de neutru artificial TNA). Așa tip de transformator poate servi orice transformator 6-10/0,4 kV cu schema stea cu neutru accesibil/triunghi. Conectarea înfășurării secundare în triunghi asigură o reactanță homopolară redusă a transformatorului. O reactanță homopolară mică poate fi obținută la transformatoarele cu conexiunea în zigzag, care sunt denumite de filtre de secvență homopolară (FSH) [1,2,4]. Partea activă a FSH constă dintr-un sistem magnetic cu trei coloane și o înfășurare trifazată constituită din șase secții (semi-înfășurări) cu număr egal de spire. Schema de conexiune și diagramele fazoriale a acestor înfășurări sunt reprezentate în Fig. 1.

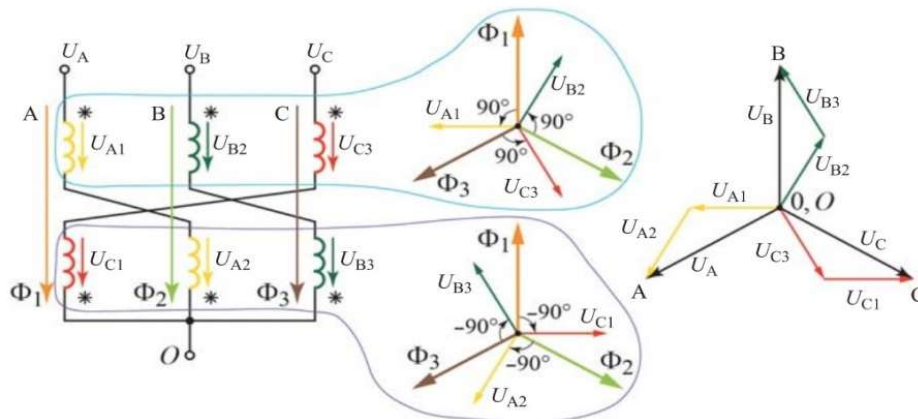


Figura 1. Schemele de conectare și diagramele fazoriale pentru FSH

Fiecare fază este constituită din două secții conectate în serie sfârșitul primei secții conectându-se la sfârșitul celei de a doua secții, secțiile fiind amplasate pe coloane diferite a unui sistem magnetic trifazat.

Neutru compensat - legat la pământ prin BS:

- montarea BS în rețelele 35 kV poate fi realizată la neutrul accesibil al înfășurării 35 kV a transformatorului 110(220)/35/10(6) kV, Fig. 2 (a);
- montarea BS la FSH cu schema de conexiune zigzag Fig. 2 (b);
- montarea BS la TNA racordat la bornele transformatorului de putere Fig. 2 (c);
- montarea BS la TNA racordat la barele colectoare 6-10 kV a stației de transformare Fig. 2 (d).

Trebuie de menționat faptul că în variantele (c) și (d) este inadmisibil conectarea BS la TNA racordat prin siguranță fuzibilă deoarece în cazul topirii fuzibilului într-o fază provoacă un regim de compensare nesimetric.

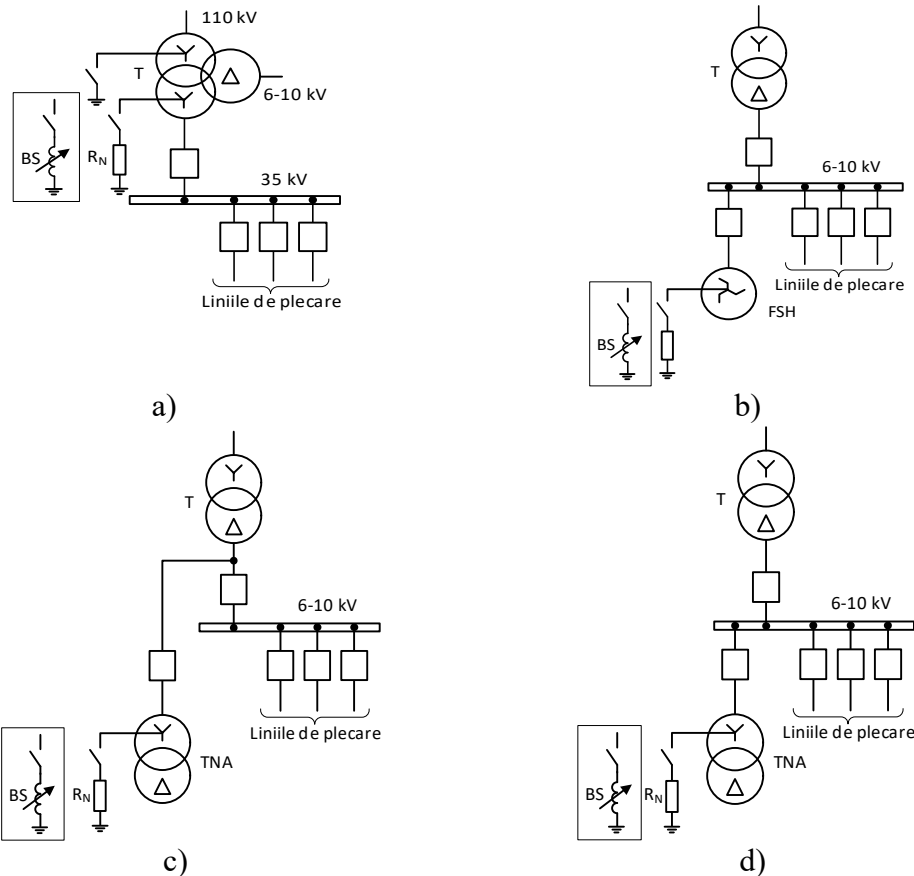


Figura 2. Schemele de conectare a BS sau rezistorului de tratare a neutrlui

Neutru legat la pământ prin BS în paralel cu un rezistor (RN). Se recomandă conectarea lor la neutrul transformatorului prin separatoare, ceea ce va permite utilizarea independentă a acestora:

- montarea BS și RN la TNA Fig. 3 (a) sau FSH, prezentat în Fig. 2 (b). Se aplică pentru racordarea rezistoarelor de medie tensiune (6,10, 35 kV);
- montarea BS și RN la înfășurarea primară a TNA Fig. 3 (b). Se aplică pentru racordarea rezistoarelor de joasă tensiune (≤ 500 V).

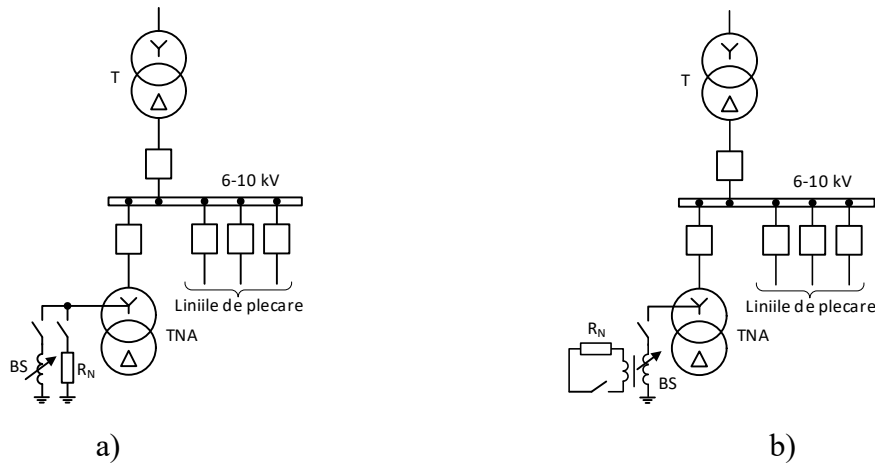


Figura 3. Schemele de conectare a BS în paralel cu rezistor RN

Rezistoarele de valoare mare sunt conectate în regim permanent de funcționare a rețelei și în cazul defectelor monofazate, durata de lucru nu trebuie să depășească 6 ore. Rezistoarele de valoare mică se conectează pe o durată de 1-3 s la trecerea arcului de punere la pământ în faza arderii stabile.

Neutru legat la pământ prin rezistor (R_N):

- montarea R_N la neutru accesibil al înfășurării 35 kV a transformatorului 110(220)/35/10(6) kV, Fig. 2 (a);
- montarea R_N la TNA Fig. 2 (c) sau FSH Fig. 2 (b). Se aplică pentru racordarea rezistoarelor de medie tensiune (6,10, 35 kV);
- montarea R_N la secundarul TNA Fig. 4. Se aplică pentru racordarea rezistoarelor de joasă tensiune (≤ 500 V).

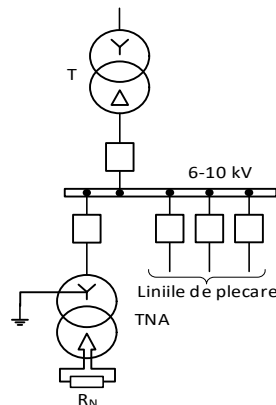


Figura 4. Schema de conectare a R_N de tensiune joasă

Concluzii

1. Regimul neutriului izolat posedă o serie de neajunsuri și este deja depășit, trebuie de utilizat alte modalități de tratare a neutriului.

2. Alegerea modalității de tratare a neutriului în rețelele electrice 6-35 kV este o problemă extrem de complicată la etapele de proiectare și exploatare ale acestora.

3. Tratarea neutriului printr-un rezistor cu rezistență de valoare mică este menită să creeze curenți de punere la pământ mari, necesari pentru funcționarea selectivă și sigură a protecției prin rele.

4. Tratarea neutriului printr-un rezistor cu rezistență de valoare mare asigură protecția contra supratensiunilor și nu înrăutățește condițiile de stingere a arcului electric, iar componenta activă a curentului creată de rezistor este suficientă pentru funcționarea selectivă a protecției de curent simplă, care poate să funcționeze la semnal sau la deconectare în funcție de condițiile asigurării continuității alimentării cu energie electrică.

5. Construcția cât a transformatoarelor TNA, atât și a filtrelor de secvență homopolară FSH trebuie să asigure stabilitatea electrodinamică și termică la acțiunea curenților de scurtcircuit.

Confirmare. Această lucrare a fost realizată ca studiu în cadrul proiectului ”Soluții tehnice ecoinovative de Eficientizare a consumului de energie în clădiri și elaborarea opțiunilor de dezvoltare a rețelelor inteligente cu integrarea avansată a energiei regenerabile în R.M. (SINERGIE)”

Referințe

1. DOBREA, I. *The Opportunity to Treat the Neutral Through the Resistor or Combined Compensation Coil - Resistor*, Proceedings of the 12th International Conference on Electromechanical and Energy Systems. SIELMEN 2019, October 9-11, 2019, Craiova-Chișinău, Electronic ISBN: 978-1-7281-4011-7, USB ISBN: 978-1-7281-4010-0. DOI:10.1109/SIELMEN.2019.8905891.
2. DOBREA, I. *The influence of the treatment mode of the neutral in the 6-35 kV networks on the displacement voltage in the quasi-stationary regime*. ANALELE UNIVERSITATII DIN CRAIOVA - Seria Inginerie electrica 2019; 43 (43) : 128-133. ISSN: 1842-4805.
3. РЫЖКОВА Е. Н., доктор техн. наук, ФОМИН М. А., инж., НИУ “МЭИ”. *О критериях выбора режима резистивного заземления нейтрали в сетях 6 - 35 кВ*. Москва. Журнал «Промышленная Энергетика», 2013 - № 11, стр. 23-30
4. БЫКОВА А. М., ЖУЙКОВ А. В., КОНСТАНТИНОВА А. Ю. *Применение нейтралеобразующих фильтров ФМ30 для резонансного и резистивного заземления нейтрали.*: ЭНЕРГЕТИК, 2019, №10 pp.26-29
5. *Правила устройства электроустановок. 7-е изд.* – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
6. *Regulament cu privire la calitatea serviciilor de transport și de distribuție a energiei electrice.* Nr.538/2019 din 27 decembrie 2019.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=120135&lang=ro
7. *СТО 18-2013 «Руководящие указания по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6-35 кВ».* Санкт-Петербург, 2013.
8. *СТП 09110.20.187-09 Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6-35 кВ Белорусской энергосистемы через резистор.*
<https://energodoc.by/document/view?id=792>